



Munich Personal RePEc Archive

# Effects of human capital investment in a general equilibrium context

Joab Dan, Valdivia Coria and Daney David, Valdivia Coria

Valdivia Asociados - Profesional Independiente

December 2019

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/99644/>

MPRA Paper No. 99644, posted 15 Apr 2020 06:52 UTC

# **Effects of human capital investment in a general equilibrium context<sup>1</sup>**

**Joab D. Valdivia C. y Daney D. Valdivia C.**

Investment in education is important, since it affects people's labor productivity and their remuneration. In this sense, the following work will develop a General Equilibrium Model that incorporates the theory of economic growth, in line with Paul Romer (1986), suggested the presence of externalities in research and development spending; and in turn Robert Lucas (1988) who focused his analysis of externalities on the formation of human capital. The research includes an analysis period between 1996 - 2017. The results indicate that shocks in investment of human capital have expansionary effects on real wages 0.03%, as well as the decreasing returns on wages due to increases in education as proposed by Mincer (1985). On the other hand, we evidenced that increases in wages have positive effects on economic growth in the short term of 0.02% (from the third period) but the persistence is null in the impulse response functions.

**JEL classification: O32, O38, O41.**

**Keywords:** Endogenous growth, Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGE), Human Capital, Tobin's Q.

---

<sup>1</sup> This document expresses the exclusive point of view of the authors and not of the institutions to which they belong..

# **Efectos de la inversión en capital humano en un contexto de Equilibrio general<sup>2</sup>**

**Joab D. Valdivia C. y Daney D. Valdivia C.**

## **RESUMEN**

La inversión en educación es importante, dado que repercute sobre la productividad laboral de las personas y su remuneración. En tal sentido, en el siguiente trabajo se desarrollará un Modelo de Equilibrio General que incorpora la teoría del crecimiento económico, en línea con Paul Romer (1986) que sugirió la presencia de externalidades en el gasto en investigación y desarrollo; y a su vez Robert Lucas (1988) que enfocó su análisis de las externalidades en la formación de capital humano. La investigación comprende un periodo de análisis entre 1996 – 2017. Los resultados señalan que shocks en inversión de capital humano tienen efectos expansivos en los salarios reales 0.03%, además se evidencia los rendimientos decrecientes de los salarios ante incrementos en la educación como lo propone Mincer (1985). Por su parte, se evidenció que incrementos en el salario tiene efectos positivos sobre el crecimiento económico en el corto plazo de 0,02% (a partir del tercer periodo) pero la persistencia es nula en la funciones impulso respuesta.

**Clasificación JEL: O32, O38, O41,**

**Palabras Clave:** Crecimiento endógeno, Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE), Capital Humano, Q de Tobin.

---

<sup>2</sup> Este documento expresa el punto de vista exclusivo de los autores y no así de las instituciones a las que pertenecen.

## Introducción

La evidencia empírica de los efectos de capital humano en variables agregadas fue estudiada generalmente desde el punto de vista del crecimiento económico. Desde Romer P. hasta investigaciones recientes indican algo intuitivo y relevante en relación a la acumulación de capital humano y sus efectos sobre el crecimiento económico. Cabe señalar, que cuanto más una sociedad educada este aspecto estructural de cada país repercute sobre la productividad de los factores y logran una expansión sostenida del producto.

Según datos internacionales de *Penn World Tables*, el índice de capital humano que se construyen en dicha base, Bolivia se sitúa entre el cuarto y tercer país con un mayor índice de capital humano, por debajo de Chile y Argentina. Cabe señalar que en 2017 Brasil supera a Bolivia por un margen pequeño, esa brecha no existía años anteriores. Este comportamiento llama la atención, dado que indica que en Bolivia los retornos por la educación tienen efectos en el crecimiento económico.

En este contexto, la presente investigación tratara de modelar la influencia de la inversión en capital humano en un contexto de Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE). Los resultados van en línea con la literatura relacionada en este campo, *shocks* en la inversión de este tipo de capital tiene efectos persistentes en el consumo de los hogares (0.004%) los efectos sobre los componentes de la demanda agregada; consumo, inversión en capital físico y gasto son diversos tanto en magnitud como en el sentido de las Funciones Impulso Respuesta.

Como premisa adicional se corroboro la postura de Mincer J. (1958), en otras palabras, cuantos más años de escolaridad de una persona su retorno es mayor pero el efecto presenta rendimientos decrecientes en el salario real desde el séptimo periodo, el punto de inflexión indica que si el agente invierte más en capital humano no necesariamente el salario aumentará. El efecto de mediano plazo es de 0.0015%, lo cual deriva en el mayor consumo por un efecto ingreso lo que tiene repercusiones en la inflación, ya que muchos hogares al tener mayor poder adquisitivo generan un incremento de la demanda agregada.

## Revisión de Literatura

Desde los aportes de Romer P. (1986) a la teoría del crecimiento económico de modelos endógenos, la acumulación de capital humano es una variable relevante para explicar la dinámica el producto, el supuesto principal del modelo mencionado es el rendimiento creciente a escala, esta premisa es la que genera un crecimiento endógeno y a su vez afecta al crecimiento de la economía. Lucas R. (1988), indica que el desarrollo y crecimiento de los países se da por el incremento en capital humano que a su vez es una cualidad de la población de mayor grado de escolaridad o también por el aprendizaje en el trabajo o haciendo cosas, denominado también como *learning by doing*. Al asumir retornos constantes en la función de producción los dos factores que apalancan el crecimiento económico es el capital físico y humano, en esta investigación se da énfasis en la acumulación del capital humano, es decir, más años de escolaridad. Este resultado desde el punto de vista del contexto de equilibrio general tiene su similitud con la formalización de Mincer J. (1958) y los determinantes del salario que son escolaridad y experiencia.

Posteriormente en 1993 el mismo Lucas, indica si bien existe la formalidad en la educación esta variable no puede explicar la divergencia en el desarrollo y crecimiento económico entre Corea del Sur y las Filipinas en los años de la post-guerra. Esta heterogeneidad entre ambas economías si dio por la apertura comercial de Corea y dejó la oportunidad del *learning by doing*.

Otros de los modelos que sugieren como aporte fundamental a la teoría del crecimiento endógeno es la investigación de Mankiw et al. (1992), ellos indican del mismo modo que el capital humano es una de la variable que determina un crecimiento económico sostenido en el tiempo, debido a que las diferencias del PIB per-cápita de los países son asociados a características idiosincráticas de cada economía como la población, educación y ahorro.

Dentro el contexto de un Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE), esta teoría fue comprobada por Basu P. et al. (2009), Dang J. (2012) y Accolley D. (2016). En las tres investigaciones si bien tienen más agentes en cada modelo, la función de producción es en base a Lucas (1988) y determinan que *shocks* positivos en la ley de capital humano tiene efectos positivos persistentes en los ingresos de los hogares y sobre la dinámica del producto.

## 1. Datos

Los datos del mercado laboral en Bolivia entre 1990 - 2017 tienen un comportamiento diverso; al principio del milenio, los indicadores estaban en detrimento, la tasa de cesantía (TC) y la tasa de desempleo abierta (TDA)<sup>3</sup> ascendían a 5,7% y 7,7%, respectivamente. Este último indicador engloba a la población cesante y a la población aspirante, disponible para trabajar y en búsqueda activa de empleo o que efectuaron esfuerzos para establecer un negocio propio. En 2017, estos indicadores si bien presentaron una mejoría respecto al 2000 mostrando una caída de 2,3pp y 3pp de TC y TDA, se advierte deterioros con relación a la gestión 2011, en esencia la TDA subió en 0,5pp y TC en 0,8pp; además, se registró caídas en algunos indicadores como ser la tasa de ocupación (TO, 2,7pp), la tasa de global de participación (TGP 2,5pp) y la tasa bruta de participación (TBP) en 2pp. Este panorama está en línea con el comportamiento del índice agregado de empleo (Gráfico 1), y la desaceleración de la economía boliviana desde 2015.

**Tabla 1: Indicadores del Mercado Laboral, 1990-2017**  
(En porcentaje)

INDICADORES	1990	1995	2000	2005	2011	2015	2016	2017
Tasa Bruta de Participación (TBP)	38.2	40.9	43.3	44.5	47.8	45.5	47.6	45.8
Tasa Global de Participación (TGP)	51.3	55.1	55.5	55.7	59.1	55.9	59.0	56.6
Tasa de Ocupación (TO)	47.5	53.1	51.2	51.4	56.7	53.3	56.0	53.9
Tasa de Desempleo Abierto (TDA)	7.2	3.6	7.7	7.8	4.2	4.7	5.2	4.7
Tasa de Cesantía (TC)	4.2	2.6	5.7	5.5	2.6	3.1	4.0	3.4

Fuente: Instituto Nacional de estadísticas (INE) Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE)  
Nota: Los cálculos de los indicadores corresponden a: TBP = PEA/PT, TGP = PEA/PET, TO = PO/PET, TDA = PDA/PEA y TC = DC/PEA  
Dónde: PEA = Población Económicamente Activa.  
PET = Población en Edad de Trabajar.  
PT = Población Total.  
PO = Población Ocupada.  
PDA = Población Desocupada Abierta.  
DC = Desocupación Central

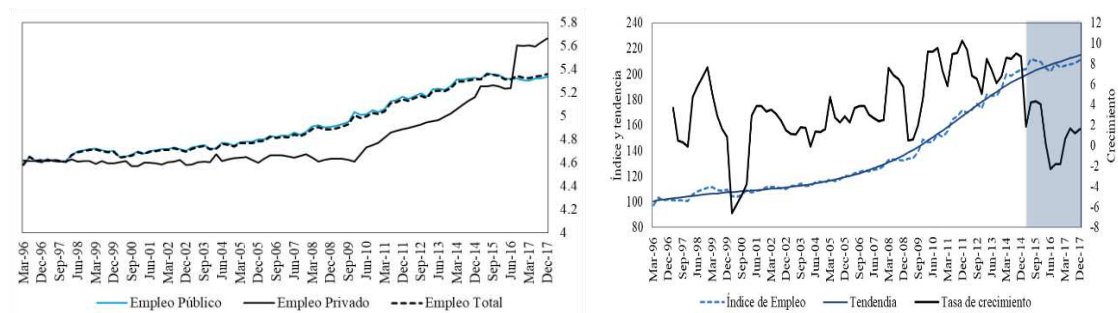
Debido a la heterogeneidad del mercado laboral en Bolivia debemos considerar los índices de empleo, dichas variables están divididas para el sector privado y público, por lo cual se decidió emplear el análisis de componentes principales (ACP)<sup>4</sup>, para crear un índice compuesto que refleje el comportamiento agregado del mercado laboral, este indicador advierte que existe una brecha considerable entre el sector público y privado. Sin embargo, el índice construido advierte que se encuentra por debajo de su nivel tendencial y el crecimiento a partir de 2014 se fue deteriorando, reflejando un mínimo

<sup>3</sup> Se considera la población cesante a los desocupados que trabajaron antes y perdieron su puesto laboral debido al cierre de actividades, cambio de ocupación u otros aspectos vinculados a la movilidad ocupacional que provocan desempleo fraccional.

<sup>4</sup> El ACP estudia las relaciones entre “x” variables correlacionadas (miden información común) para transformar el conjunto original de variables en otro conjunto de nuevas variables (que no tenga repetición o redundancia en la información) llamado conjunto de componentes principales. Las nuevas variables son combinaciones lineales de las anteriores y se van construyendo según el orden de importancia en cuanto a la variabilidad total que recogen de la muestra.

histórico de -2% a junio de 2016, esto se debe a la desaceleración económica por la caída de la renta por gas natural a consecuencia de la disminución del precio del petróleo; a diciembre de 2017 el crecimiento se encuentra alrededor del 1,5% (Gráfico 1).

**Gráfico 1: Índices de Empleo**

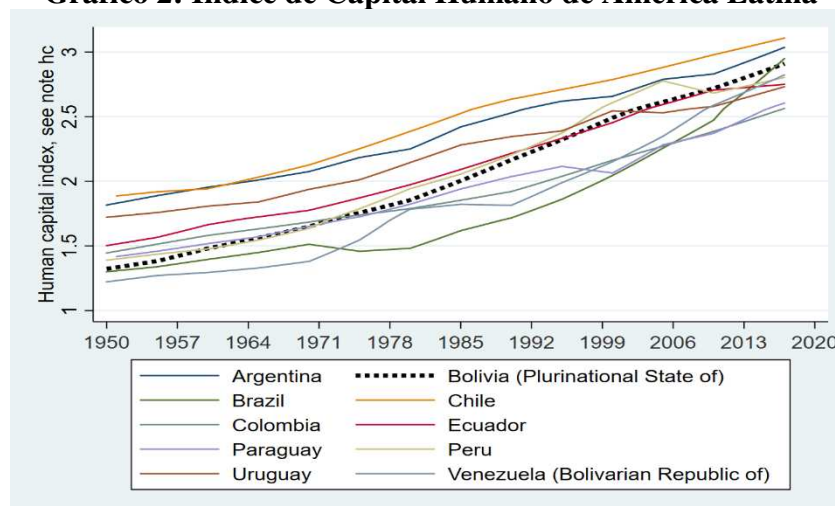


Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Nota: Ambos Índices tiene año base 1995, El componente tendencial del índice de empleo fue estimado a partir del filtro Hodrick-Prescott (HP).

Sin embargo, la formación de capital humano según los datos de *Penn World Tables*, Bolivia se encuentra entre los primeros países a nivel regional con respecto al índice de capital humano; superado por Chile, Argentina y Brasil. Este comportamiento indica que existe una transformación, posicionándonos en los últimos puestos en la década de los 50's a pasar casi liderar a nivel de América Latina en formación de capital humano (Gráfico 1).

**Gráfico 2: Índice de Capital Humano de América Latina**



Fuente: *Penn World Tables*

## 2. Desarrollo del Modelo DSGE para Bolivia

En esta sección se desarrollará el DSGE, con características Nuevas Keynesianas, para una economía pequeña y abierta en línea con la literatura convencional de este tipo de modelos.

### Hogares Ricardianos

En línea con Gali et al. (2007), el modelo contempla dos tipos de agentes, ricardianos y no ricardianos, lo cual indica que en esta economía existen familias con acceso al crédito y el resto tiene restricciones al mercado de capitales lo que no permite que tenga un consumo óptimo a lo largo del tiempo. Para las familias optimizadoras se asumirá una función de utilidad instantánea de consumo de aversión relativa al riesgo constante (CRRA), donde:  $C_{t,R}$  es el consumo,  $h_{t,R}$  es la oferta laboral de los ricardianos y  $m_t$  la demanda por dinero en saldos reales por tanto la forma funcional de  $u(C_{t,R}, h_{t,R}, m_t)$  es:

$$\text{Max}_{\{C_{t,R}, h_{t,R}, m_t, B_{t+1}\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[ \varepsilon_t^C \left( \frac{C_{t,R}^{1-\vartheta} - 1}{1-\vartheta} \right) - \frac{h_{t,R}^{1+v} - 1}{1+v} + \theta^m \ln m_t \right] \quad (1)$$

La restricción en cada “ $t$ ”, a la que la familia se enfrenta es:

$$p_t C_{t,R} + B_{t+1} + m_t + TAX + I_t = Z_t K_{t,R} + W_t h_{t,R} + (1 + R_{t-1}) B_t + m_{t-1} \quad (2)$$

La expresión (2) indica que los hogares son dueños de capital  $K_t$  y obtienen una renta  $Z_t$  que les paga las empresas, perciben un salario  $W_t$ , demandan dinero en términos reales  $m_t = (M_t/P_t)$  y perciben ingresos por bonos “ $B_t$ ”. Estos hogares, pagan impuestos ( $TAX_t$ ) al gobierno.

### Empresas

En el modelo existirá dos tipos de empresas representativas: i) las firmas productoras y ii) firmas intermediadoras, dado el tipo de función de producción esto genera una demanda decreciente para cada tipo de empresa intermediadora, que a su vez crea cierto poder sobre el precio de los bienes e invierte en la formación de capital humano. Así las firmas intermediadoras se comportan bajo un mercado de competencia monopolística (las demás firmas toman el precio como dado). Esto implica que no existe un ajuste instantáneo en cada periodo de los precios (rigideces de precios).



### Firmas productoras de bienes finales

La función de producción se expresa a partir de una firma representativa competitiva con una función de Elasticidad de Sustitución Constante (CES), los factores de producción son trabajo y capital. El problema de maximización de beneficios es:

$$\text{Max}_{\{Y_t(j)\}} p_t Y_t - \int_0^1 p_t(j) Y_t(j) dj \quad (3)$$

En los modelos nuevos keynesianos como el mercado está bajo una competencia monopolística la agregación de la tecnología se representa a través de un agregador Dixit-Stiglitz (1977):

$$Y_t = \left\{ \int_0^1 [Y_t(j)]^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dj \right\}^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (4)$$

La expresión anterior indica que  $Y_t(j)$  son las ventas de bienes de las empresas indexadas para cada  $j \in [0,1]$  a una sola producción “ $Y_t$ ”, el término  $\varepsilon$  es la elasticidad de sustitución de los bienes indexados<sup>5</sup>.

### Firma productora de bienes intermedios

Se asume una firma productora intermedia de bienes con cierto poder de mercado para fijar precios<sup>6</sup>. Esta firma intermediadora toma como dados los precios de factores de producción y a partir de ello determina el trabajo y capital optimo a partir de la minimización de costos.

$$\text{Min}_{\{h_t(j), K_t(j)\}} W_t h_t^T(j) + Z_t K_t^T(j) \quad (5)$$

Sujeta a:

$$Y_t = f(A_t, K_t^h, K_t^T, h_t^T, IM_t) \quad (6)$$

Como se asume que los precios no se ajustan instantáneamente en cada periodo, existe una probabilidad “ $1 - \theta$ ” de definir los precios de los bienes para todos los periodos “ $t$ ”. Sin embargo, existe una fracción de las firmas que no están dispuestas a cambiar de precio

---

<sup>5</sup>Por simplicidad se definirá la expresión  $\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} = \mu$ , el cual representa los márgenes de las ganancias “*mark up*” de las empresas.

<sup>6</sup>Debido a la estructura de competencia monopolística.

con  $\theta$  de probabilidad. De esta manera, el problema dinámico para la firma en la maximización de beneficios para reajustar el precio será:

$$\text{Max}_{\{p_t(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Omega_{t,t+i} \theta^i \{p_t(j) Y_{t+i}(j) - \varphi_{t+i} Y_{t+i}(j)\} \quad (7)$$

Sujeta a:

$$Y_t(j) = \left[ \frac{p_t^*}{p_t(j)} \right]^\varepsilon Y_t \quad (8)$$

La agregación de precios tiene un comportamiento descrito por:

$$\pi_t^{1-\varepsilon} = \theta + (1 - \theta) \left[ \frac{p_t^*}{p_{t-1}} \right]^{1-\varepsilon} \quad (9)$$

$$p_t = p_t^* + \pi_{t-1} \quad (10)$$

Donde  $\pi_t = \frac{p_t}{p_{t-1}}$ , es la inflación y  $p_t^*$  es el precio que las firmas re-optimizan en cada período, en estado estacionario con inflación cero y suponiendo  $p_{t-1} = p_t^* = p_t$ , para todo "t", la aproximación log lineal es:

$$\widetilde{\pi}_t = (1 - \theta)(\widetilde{p}_t^* - \widetilde{p}_{t-1}) \quad (11)$$

Resolviendo el problema de maximización se obtiene la curva de Phillips nueva keynesiana.

$$p_t(j) = \frac{\mu E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta\theta)^i c m g_{t+i} \phi_t C_{t+i}^{1-\vartheta} p_{t+i}^\varepsilon]}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta\theta)^i p_{t+i}^{\varepsilon-1} C_{t+i}^{1-\vartheta}]} \quad (12)$$

Log - linealizando la expresión anterior tenemos:

$$\widetilde{\pi}_t = \beta \widetilde{\pi}_{t+1} + \lambda^\pi \widetilde{c m g}_t + \varepsilon_t^\pi \quad (13)$$

El parámetro  $\lambda^\pi = (1 - \theta)(1 - \theta\beta)/\theta$  mide el grado de rigidez en precios y el término  $\varepsilon_t^\pi$  representa la inflación por costos (*cost push inflation*). Del proceso de minimización de costos se obtiene el costo marginal real ( $MC_t$ ), representada por<sup>7</sup>:

$$MC_t = \frac{1}{A_t} [(W_t)^{\alpha_2} Z_t^{\alpha_1} r e r_t^{1-\alpha_1-\alpha_2}] \quad (14)$$

Por tanto, las demandas de factores se derivan de la condición de primer orden:

---

<sup>7</sup> Para el desarrollo a detalle de la curva de Phillips Nueva Keynesiana ver Valdivia y Valdivia 2019.

$$\frac{Z_t}{W_t} = \frac{K_t^h h_t^T}{K_t} \quad (15)$$

$$\frac{rer_t}{W_t} = \frac{K_t^h h_t^T}{IM_t} \quad (16)$$

### Firmas productoras de bienes de capital

Como lo indican Gerali et al. (2010) la consideración de firmas productoras de bienes de capital ayudan a derivar un precio del capital, lo cual es necesario para determinar el colateral de la empresas. Generalmente se considera una depreciación rápida del stock de capital; sin embargo, este supuesto está en contraposición a la reposición en inversión que realizan las empresas, llamada en esencia costos de ajuste al capital en línea con Hayashi (1982), Abel y Blanchard (1983), Shapiro (1986), entre otros. Por tanto la firma resuelve el siguiente problema de optimización:

$$\text{Max}_{\{I_t(j), K_{t+1}(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Lambda_{t+i} [Z_t K_t - I_t] \quad (17)$$

Sujeta a:

$$K_{t+1,R} = (1 - \delta)K_{t,R} + f\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) I_t \quad (18)$$

Donde  $f\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) = 1 - \frac{\Psi}{2}\left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1\right)^2$  representa los ajustes necesarios que realiza la firma para la reposición de capital, el parámetro  $\Psi$  representa el ajuste del costo ponderado y  $\Lambda_{t+i} = \beta \frac{C_{t+1,R}^{-\theta}}{C_{t,R}^{-\theta}}$  la tasa de descuento estocástica del agente ricardiano. Resolviendo el problema en términos de optimización dinámica se obtiene:

$$\mathcal{L} = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Lambda_{t+i} \left\{ q_t \left[ (1 - \delta)K_{t,R} + I_t \left( 1 - \frac{\Psi}{2} \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 \right) \right] + [Z_t K_t - I_t] \right\}$$

Las condiciones de primer orden

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} \quad 1 = q_t - \frac{3}{2} \Psi \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right)^2 q_t + 2 \Psi \frac{I_t}{I_{t-1}} q_t - \frac{\Psi}{2} q_t$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{t+1}} \quad q_t = \Lambda_{t+1} Z_{t+1} + \Lambda_{t+1} q_{t+1} (1 - \delta)$$

### Rigideces en Salarios

La incorporación de fricciones salariales conlleva el supuesto que no existe la flexibilidad salarial. Bajo el supuesto de competencia monopolística, los únicos agentes que pueden negociar el salario serán las familias ricardianas, dado que tienen acceso al mercado de capitales por tanto los salarios se definirán del siguiente problema de maximización:

$$\text{Max}_{\{W_t(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Omega_{t,t+i} \theta_W^i \{W_t(j) Y_{t+i}(j) - \varphi_{t+i} Y_{t+i}(j)\} \quad (19)$$

Sujeta a:

$$Y_t(j) = \left[ \frac{W_t}{W_t(j)} \right]^\varepsilon Y_t \quad (20)$$

Donde existe una probabilidad “ $\theta_W^i$ ” en los salarios para su ajuste, esto quiere decir que los sindicatos tienen cierto poder “ $1 - \theta_W^i$ ” (probabilidad) sobre los salarios a no cambiar. Del problema planteado, se puede derivar la curva de Phillips nueva keynesiana en salarios.

$$W_t(j) = \frac{\mu E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta \theta_W)^i c m g_{t+i} \phi_t^W c_{t+i}^{1-\vartheta} W_{t+i}^\varepsilon]}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta \theta_W)^i W_{t+i}^{\varepsilon-1} c_{t+i}^{1-\vartheta}]} \quad (21)$$

Log - linealizando la expresión anterior tenemos:

$$\widetilde{\pi}_t^W = \beta \widetilde{\pi}_{t+1}^W + \lambda_W^\pi \widetilde{c m g}_t + \varepsilon_{t,W}^\pi \quad (22)$$

El parámetro  $\lambda_W^\pi = (1 - \theta_W)(1 - \theta_W \beta) / \theta_W$  mide el grado de rigidez en salarios por los contratos establecidos entre las familias ricardianas y las firmas. El término  $\varepsilon_{t,W}^\pi$  representa un shock a los salarios (generalmente asociado por una reforma en la política salarial de un país).

### Función de producción

Todas las firmas tienen un producto diferenciado, pero que tienen una misma tecnología representado por una función de producción Cobb-Douglas donde se incluye el capital humano “ $K_t^h$ ” en línea con Basu y Gillman (2009), la función de producción  $f(A_t, K_t^h, K_t, h_t^T, IM_t)$  es:

$$Y_t(j) \equiv f(A_t, K_t^h, K_t, h_t^T, IM_t) = A_t(K_t^T)^{\alpha_1}(j)(K_t^h h_t^T)^{\alpha_2}(j)IM_t^{1-\alpha_1-\alpha_2}(j) \quad (23)$$

Esta función de producción presenta un argumento adicional que es  $K_t^h$ , que es parte de la teoría del crecimiento endógeno incorporado por Lucas (1988). La intuición para que  $K_t^h$  sea un factor productivo es la mejora en la formación de escolaridad de las personas, lo que conlleva a un incremento en el capital humano y este último elemento deriva en una mayor productividad.

La condición de equilibrio del mercado de bienes es descrita por:

$$Y_t = C_t^T + I_t + G_t + X_t - IM_t \quad (24)$$

Donde  $I_t$  representa a la inversión en la economía,  $G_t$  es el gasto en inversión del SPNF (esa variable será la observable dentro el modelo),  $X_t$  las exportaciones y  $IM_t$  las importaciones.

El capital humano “ $K_t^h$ ”, estará descrito por la ley de movimiento de capital. La expresión “ $K_t^h$ ” describe la acumulación de capital humano gracias a una mayor escolaridad.

$$K_{t+1}^h = (1 - \delta^h)K_t^h + I_t^h \varepsilon_t^{I^h} \quad (25)$$

## Sector Externo

Adicionalmente las exportaciones dependerán del tipo de cambio real. En línea con Schimitt-Grohe y Uribe (2003) la modelación del riesgo país está dado por el ratio deuda externa – PIB ( $\frac{B_t}{Y_t}$ ), y el parámetro calibrado ( $e$ ) para garantizar la convergencia la estado estacionario toma el valor de 0,01<sup>8</sup>.

$$X_t = (rer_t)^\eta \quad (26)$$

$$risk_t = e \left( \frac{B_t}{Y_t} - \log \xi \right) \quad (27)$$

Por su parte el parámetro ( $\xi$ ), garantiza el ratio deuda – PIB en su estado estacionario.

---

<sup>8</sup> La expresión del tipo de cambio real  $rer_t = s_t p_t^* / p_t$ , donde  $s_t$ , es el tipo de cambio nominal,  $p_t^*$  es el nivel de precios en el extranjero,  $p_t$  denota los precios domésticos y por último se supondrá la ley del precio único.

## Política fiscal

El comportamiento de la política fiscal es descrito por la restricción intertemporal para todos los periodos, donde los impuestos y la deuda total son los que financian el gasto gubernamental.

$$TAX_t + B_t + m_t = G_t + B_{t-1}R_{t-1} + m_{t-1} \quad (28)$$

$TAX_t$  son los impuestos que obtiene el gobierno el cada instante del tiempo,  $B_t$  es la deuda externa que percibe el gobierno,  $G_t$  es el gasto en inversión del SPNF,  $B_{t-1}R_{t-1}$  es el pago de la deuda contraída más los intereses y por último  $m_t$  representa como en Leeper (1991) los balances reales.

Adicionalmente, se insertó dos reglas fiscales: i) la ecuación 21 expresada en su forma log lineal describe el comportamiento de la recaudación tributaria ( $\widetilde{TAX_t}$ ) en función a la deuda ( $\widetilde{B_{t-1}}$ ), y ii) la ecuación 22 indica que la inversión en infraestructura ( $G_t$ ) que realiza el SPNF está en función al comportamiento de las desviaciones del PIB= $y_t$  en entorno a su estado estacionario ( $y^*$ ), donde el término  $\varepsilon_t^G$  representa shocks en la inversión pública:

$$\widetilde{TAX_t} = \rho^B * \widetilde{B_{t-1}} \quad (29)$$

$$G_t = (G_t)^{\rho^G} \left[ \left( \frac{y_t}{y^*} \right) \right]^{1-\rho^G} \varepsilon_t^G \quad (30)$$

## Política monetaria

### Regla de Poole

El Banco Central de Bolivia no tiene metas explícitas de inflación, es decir no fija una tasa de interés de política monetaria como en otras economías, adopta metas intermedias de crédito interno, controlando así la oferta monetaria. William Poole (1970), desarrolló una combinación de regla de política monetaria entre control de la oferta monetaria y fijación de la tasa de interés desde la óptica del modelo IS-LM en un contexto estocástico. La investigación abarca el "target problem", si la autoridad monetaria puede operar a través de cambios en la tasa de interés o cambios de la oferta monetaria (el autor lo define como stock de dinero), por tanto, la autoridad monetaria debe escoger un solo instrumento de política. Dependiendo del valor de los parámetros del modelo, Poole indica que un instrumento es superior a otro o viceversa, en el acápite IV de su investigación surge la propuesta de una combinación de ambos instrumentos (fijación de tasa de interés y control

del stock de dinero). Valdivia y Valdivia (2019) formalizan la Regla de Poole derivando los microfundamentos de la misma, la ecuación encontrada tiene similitudes con la adoptada por Keating y Lee (2012) para evaluar el rol del dinero en la Regla de Taylor, y Li y Liu (2017) que evalúan distintas reglas de política monetaria encontrando... “en el espíritu de Poole” una combinación de reglas<sup>9</sup>.

Por tanto, la siguiente regla en cantidades está en base a ambas investigaciones señaladas:

$$m_t = \left(\frac{\pi_{t+1}}{\pi^*}\right)^{\varphi_m^\pi} \left(\frac{y_t}{y^*}\right)^{\varphi_m^y} \left(\frac{i_t}{i^*}\right)^{\varphi_m^i} \phi_t^R \quad (31)$$

### Ecuaciones de Cierre

Del problema de maximización de los hogares se obtiene la ecuación de Euler, la ecuación de decisión entre trabajo – ocio y la demanda por dinero en saldos reales.

$$\beta E_t \left\{ \left( \frac{\varepsilon_t^C c_{t,R}}{\varepsilon_{t+1}^C c_{t+1,R}} \right)^\vartheta (1 + R_t) \frac{p_t}{p_{t+1}} \right\} = 1 \quad (32)$$

$$h_{t,R}^v c_t^\vartheta = W_t / p_t \quad (33)$$

$$\theta^m \frac{1}{m_t} = c_{t,R}^\vartheta - \beta E_t c_{t+1,R}^\vartheta \quad (34)$$

La agregación de precios esta descrita por:

$$p_t = \left\{ \int_0^1 [p_t(j)]^{1-\varepsilon} dj \right\}^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (35)$$

### Familias No Ricardianas

Las familias con restricción al crédito tienen un comportamiento con una función de utilidad estándar representada por  $u(c_{t,NR}, h_{t,NR})$ .

$$\text{Max}_{\{c_{t,NR}, h_{t,NR}\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[ \log(C_{t,NR}) - \frac{h_{t,NR}^{1+v} - 1}{1+v} \right] \quad (36)$$

La restricción en cada “t”, a la que la familia se enfrenta es:

---

<sup>9</sup> En Valdivia y Valdivia (2019) se deriva la Regla de Poole a partir de la minimización de una función de pérdida cuadrática, es decir el banco central se preocupa por la brecha del producto y la desviación de la inflación respecto a un parámetro establecido.

$$p_t C_{t,NR} = W_t h_{t,NR} \quad (37)$$

La solución del problema de maximización de las familias “*rule of thumb*”, debido a las restricciones de crédito su nivel de consumo está dado por su ingreso disponible,

$$“n_{t,NR}^v c_{t,NR} = W_t / p_t”,$$

La agregación de ambas familias será dada por:

$$C_t^T = \omega C_{t,R} + (1 - \omega) C_{t,NR} \quad (38)$$

$$K_t^T = \omega K_{t,R} \quad (39)$$

$$h_t^T = \omega h_{t,R} + (1 - \omega) h_{t,NR} \quad (40)$$

Donde  $\omega$  es una ponderación para denotar el grado de influencia que tiene las familias sobre el consumo total de la economía  $C_t^T$  y la oferta total  $h_t^T$ .

Algunos de los procesos auto-regresivos AR(1) en su forma log-lineal que no fueron descritos con anterioridad, tienen influencia en la dinámica del modelo y tienen efectos sobre todo en el sistema:

$$\phi_t^R = \rho_{shock}^R \phi_{t-1}^R + \varepsilon_t^R \quad \text{Shocks en la regla de Poole} \quad (41)$$

$$\phi_t^I = \rho^I \phi_{t-1}^I + \varepsilon_t^I \quad \text{Shocks en inversión} \quad (42)$$

$$A_t = \rho^A g_t^A + \varepsilon_t^A \quad \text{Shocks en innovación tecnológica} \quad (43)$$

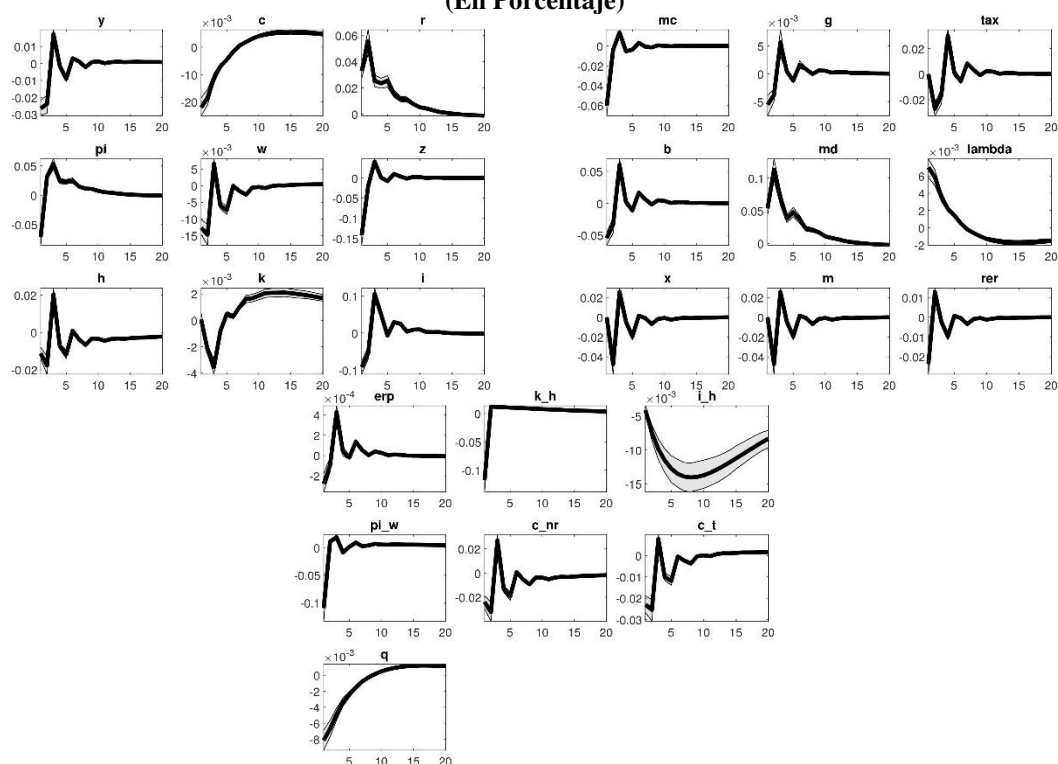
Donde  $\varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^I, \varepsilon_t^{I^h}, \varepsilon_{t,W}^\pi$  son los procesos estocásticos i.i.d.  $N(0, \vartheta^2)$ .



### 3. Resultados

En este apartado se explicará las Funciones Impulso Respuesta (FIR) de los diferentes *shocks* de interés, para confirmar los efectos de la inversión en capital humano. Primeramente, se observa que la inversión en capital humano si presenta retornos por mayores años de educación de 0,0066% en el tercer periodo; sin embargo, este presenta rendimientos decrecientes, como Mincer J. (1958) lo indica en su investigación. Este *shock* genera un efecto sustitución en el consumo de los hogares ricardianos de 0.02% en el primer periodo y con una persistencia de 8 trimestres aproximadamente; como existe mayor demanda este comportamiento crea expectativas inflacionarias, pero son contenidas por la reducción de la oferta monetaria lo que produce un alza en la tasa de interés. Contextualizando la naturaleza de la inversión de capital humano en la actividad real (PIB), tiene un comportamiento favorable 0,02% de crecimiento en el tercer periodo dado la persistencia de este *shock* e incrementos en la inversión de 0,1%.

**Gráfico 3: Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en inversión en capital Humano (En Porcentaje)**

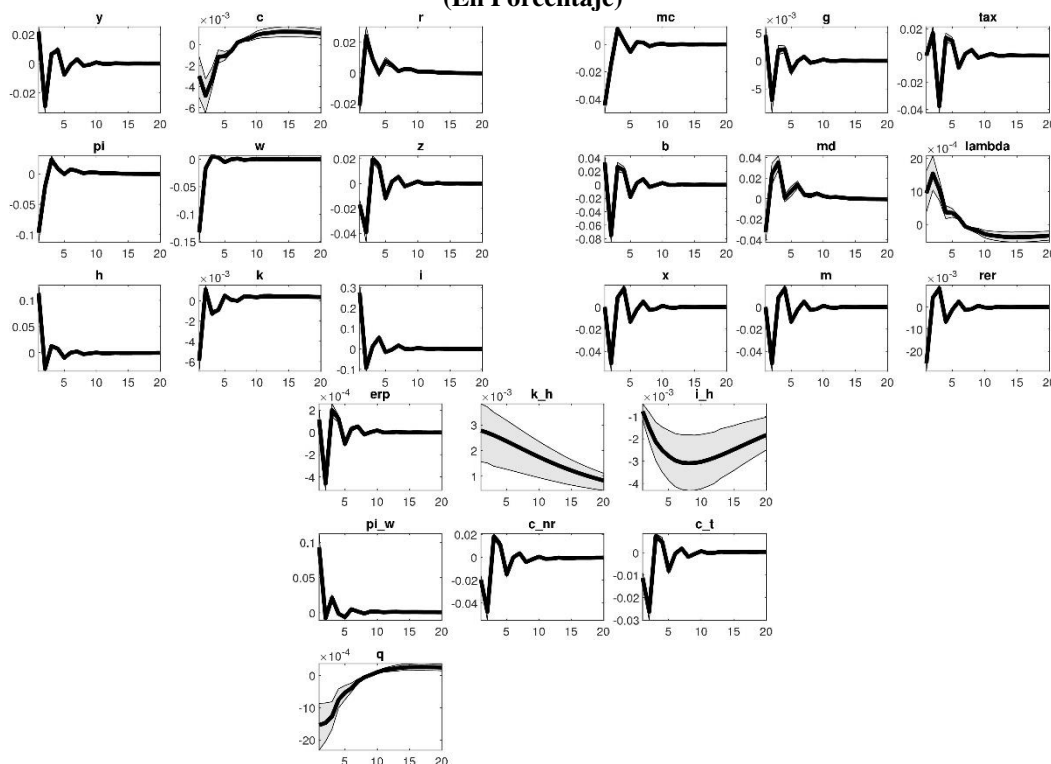


Elaboración: Propia de los Autores

Por su parte, efectos del incremento salarial genera mayor gasto fiscal, lo cual genera un efecto positivo en el PIB de 0,02% en el muy corto plazo, no existe persistencia de este tipo de efectos. Este resultado está en línea el consumo de los hogares no ricardianos, al solo depender de sus ingresos en el segundo periodo incrementa en 0,09%. El efecto de

este tipo de políticas en la brecha del producto con negativos aproximado por el costo marginal este reduce en 0,05% (Gráfico 3).

**Gráfico 4: Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en la Curva de Phillips de Salarios (En Porcentaje)**



Elaboración: Propia de los Autores

#### 4. Conclusiones

En la presente investigación se evaluó los efectos de la inversión en capital humano en la economía boliviana entre 1996 y 2017. El modelo desarrollado es una aproximación de la interacción de variables agregadas con microfundamentos para evidenciar el canal de transmisión de inversión en conocimiento (capital humano), los resultados sugieren que el incremento de los salarios reales (0,03%) en el corto plazo tiene efectos sobre el crecimiento económico de 0,02%, las funciones impulso respuesta no muestran ninguna persistencia de este tipo de políticas.

Por su parte, la inflación reacciona positivamente frente a *shocks* en inversión de capital humano (incremento de 0,03%), la explicación se asocia a un efecto ingreso de los hogares en el tercer periodo lo cual incrementa tanto el consumo solo de los hogares no ricardianos.

La política salarial tiene efectos positivos en corto plazo, no muestra persistencia en la actividad económica, el stock de capital disminuye y genera presiones a la baja en la

brecha del producto. Toda la interacción de las variables agregadas está en línea con la literatura y en esencia se cumple el postulado de Romero P. y Lucas R., la inversión en capital humano ayuda a un crecimiento económico, en caso boliviano en el corto plazo.

## Bibliografía

- Accolley Delali (2016). "Physical and Human Capital over the Business Cycle", Working Paper.
- Basu p., Gillman M & Pearlman J. (2009). "Inflation, Human Capital and Tobin's  $q$ ". Centre For Dynamic Macroeconomic Analysis. Conference Papers
- Deaton, A. (1992.). "Understanding Consumption", New York Oxford University Press.
- Dang J., Gillman M. y Kejak M. (2012). "Real Business Cycle with Human Capital Investment Sector and Endogenous Growth: Persistence, Volatility and Labor Puzzles", Working Paper.
- Deaton, A. (2005). "Franco Modigliani and the Life-Cycle Theory of Consumption, Princeton University.
- De Gregorio J. (2007). *Macroeconomía: Teoría y Políticas*, Pearson Education, Santiago De Chile.
- Dixit, A. & Stiglitz, J. (1975). "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", The Warwick Economics Research Paper Series, University of Warwick, Department of Economics.
- Hausmann, R., Rodrik, D., & Velasco, A. (2005). "Growth Diagnostics". John F. Kennedy School of Government. Harvard University.
- Leeper Erick (1991), "Equilibria under 'active' and 'passive' monetary and fiscal policies. Journal of Monetary Economics 27 129-147.
- Li B. & Liu Q. (2014). "Identifying Monetary Policy Behavior in China: A Bayesian DSGE Approach", Working Paper.
- Lucas Robert (1988), "On the Mechanics of Economic Development", University of Chicago – Journal of Monetary Economics.
- Mincer J. (1958). "Investment in Human Capital and Personal Income Distribution", The Journal of Political Economy, Vol. 66, No.4 .
- Mccandles, G. (2008). "The ABCs of RBCs an introduction to Dynamic Macroeconomic Models", Harvard University Press.
- Modigliani, F. (1986). "Life Cycle, Individual Thrift and the Wealth of Nations", American Economic Review.
- Poole William (1970), "Optimal Choice of Monetary Policy Instruments in a simple Stochastic Macro Model". The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84, Nro 2.
- Romer Paul (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth", The Journal of Political Economy.
- Sidrausky M. (1967). "Rational Choice and Patterns of Growth in a Monetary Economy", The American Economic Review.
- Schmitt-Grohe, S. & Uribe M. (2003). Closing small open economy models. Journal of International Economics, Vol. 61 No. 1.
- Urquiola, M. (2000). *Educación Primaria Universal: Dónde Estamos en el 2000*. Ocho Cimas a la Vez. La Paz, Bolivia: UNDP.

Valdivia D. y Pérez D. (2013). *Dynamic Economic and coordination of fiscal – monetary policies in Latin America: evaluation through a DSGE model*. 11th Dynare Conference - National Bank of Belgium.

Valdivia D. y Pérez D. (2013). *Dynamic Economic and coordination of fiscal – monetary policies in Latin America: evaluation through a DSGE model*. 11th Dynare Conference - National Bank of Belgium.

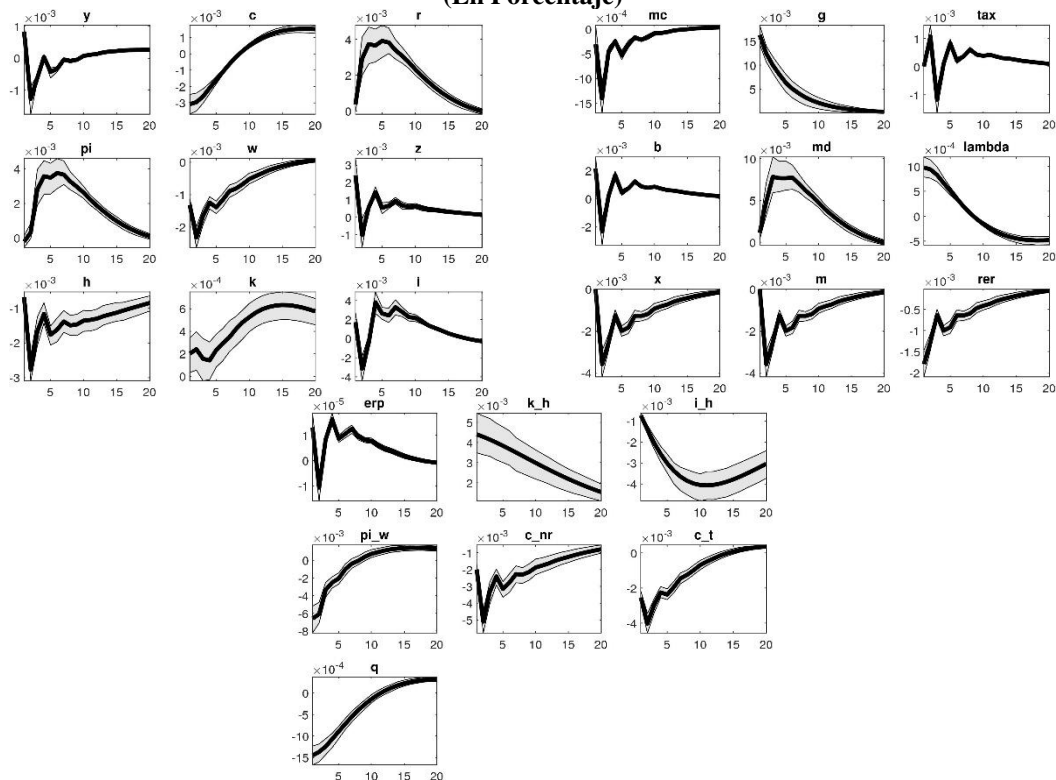
Valdivia J. y Valdivia D. (2019). *Microfoundations of a monetary policy, Poole's rule*. Journal of Economics Bibliography.

Wenlang Z. (2008). *China's monetary policy: Quantity versus price rules*. Journal of Macroeconomics – ELSEVIER.

Zhang W. (2009). *China's monetary policy: Quantity versus price rules*. Journal of Macroeconomics ELSEVIER.

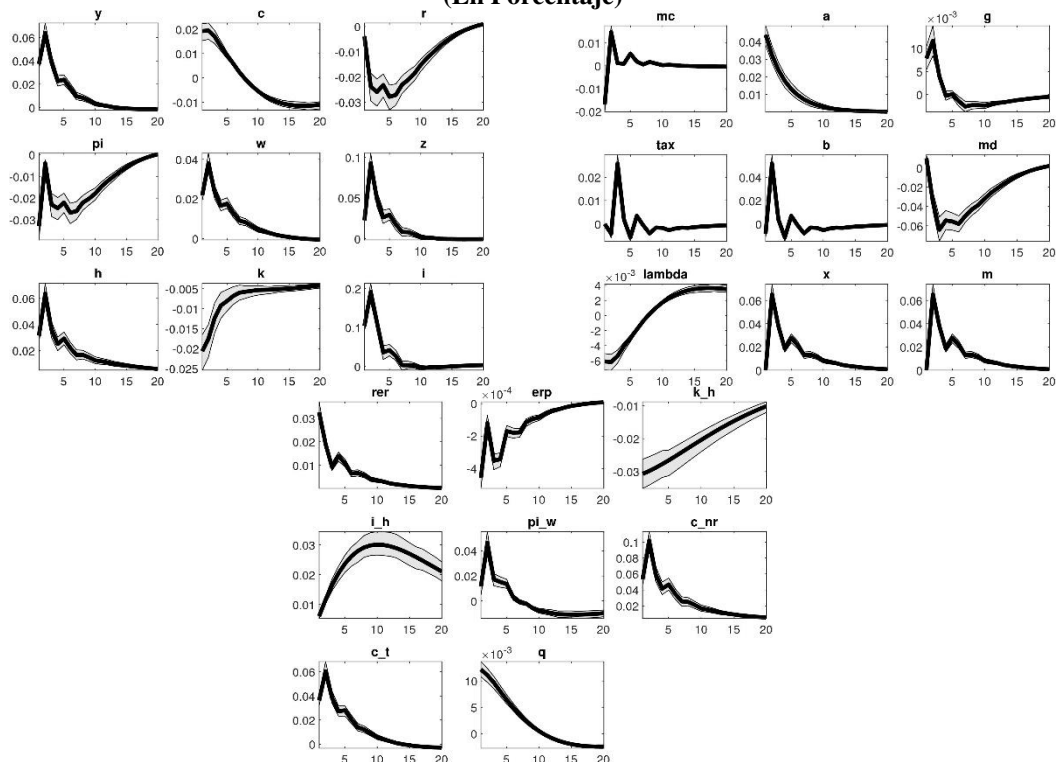
## APÉNDICE

### Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en Gastos del Gobierno (En Porcentaje)



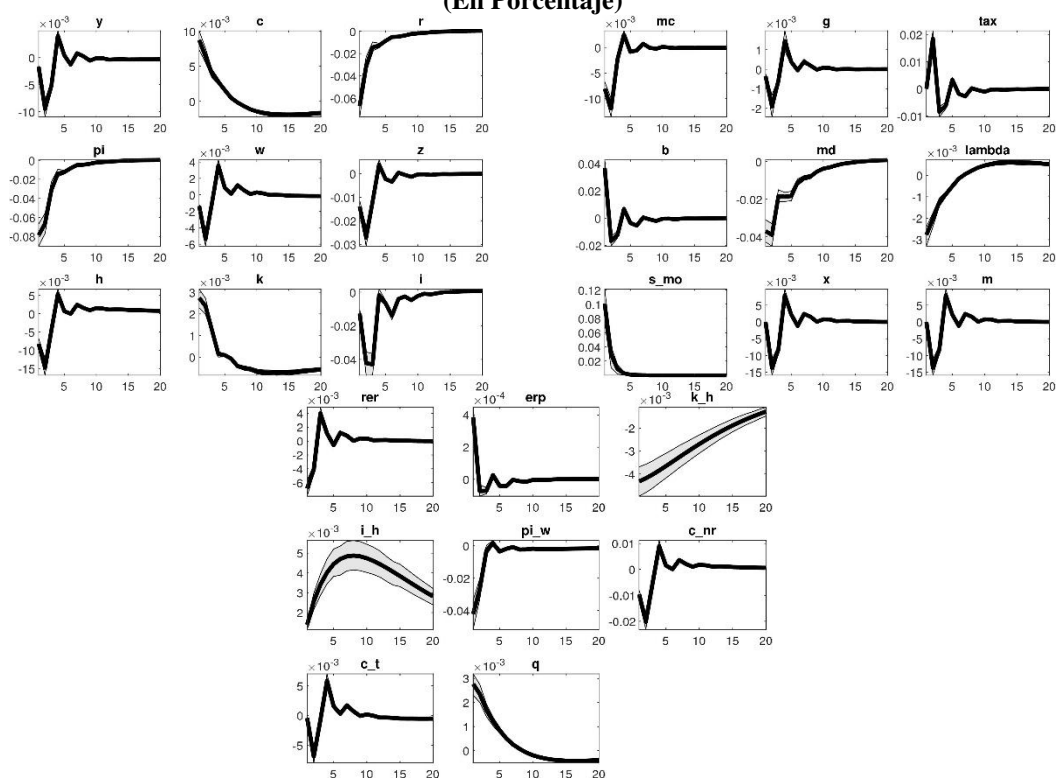
Elaboración: Propia de los Autores

### Funciones Impulso Respuesta, *Shock* Tecnológicos (En Porcentaje)



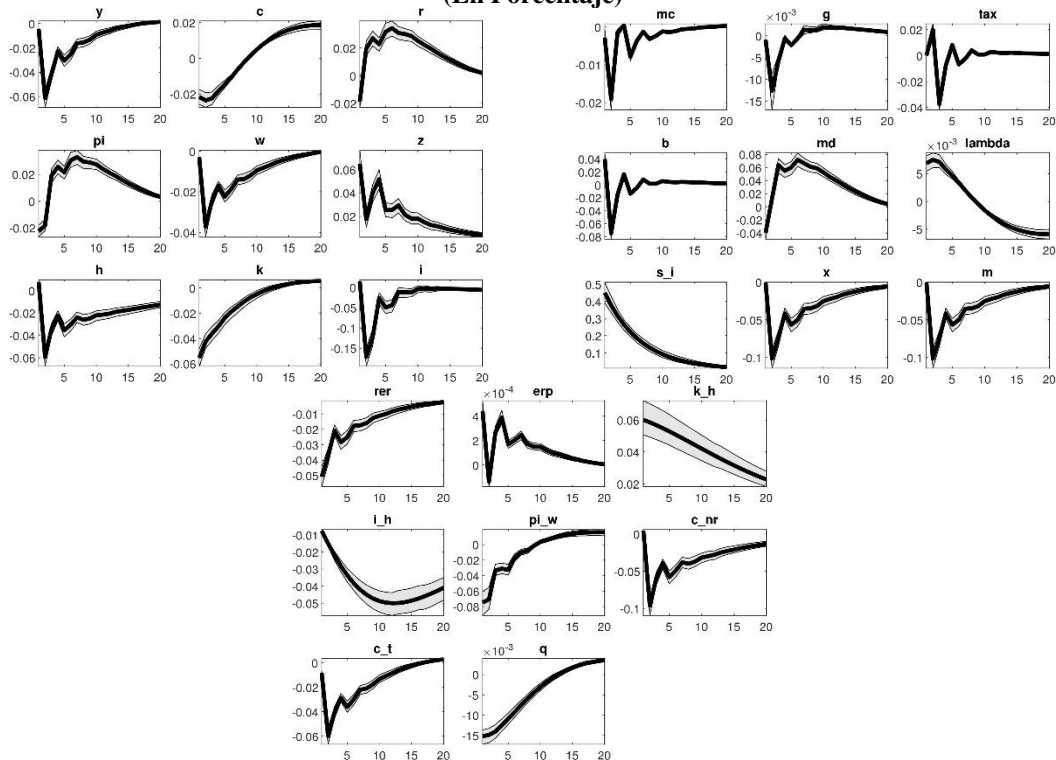
Elaboración: Propia de los Autores

## Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en la regla de Poole (En Porcentaje)



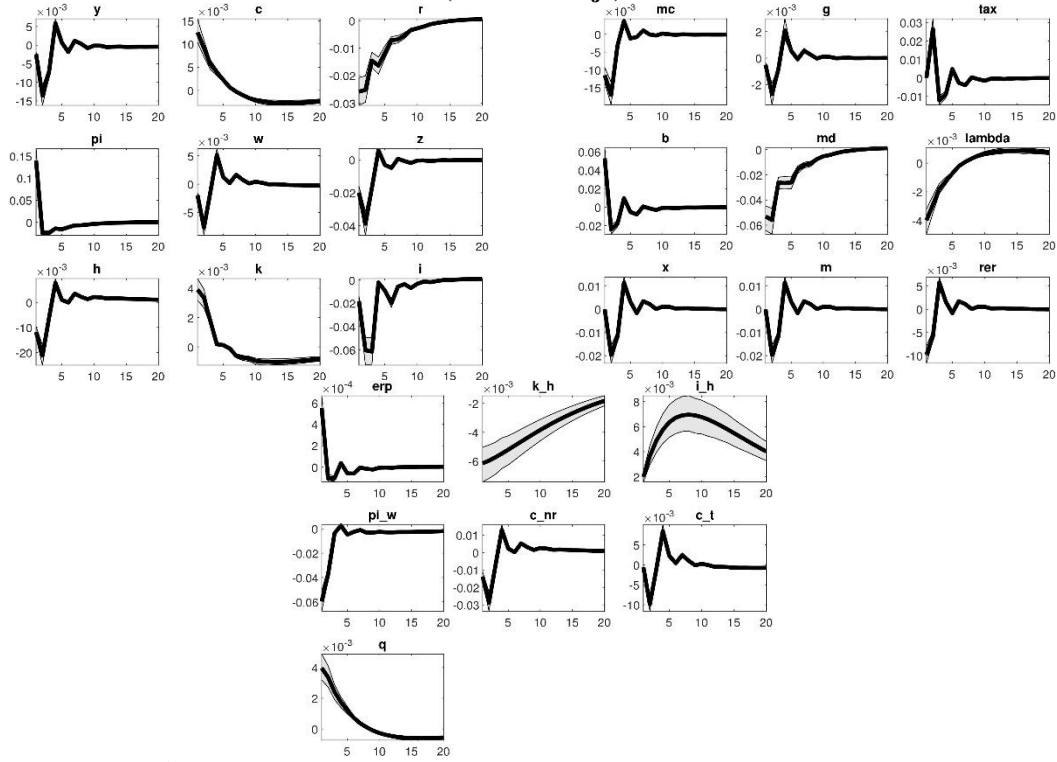
Elaboración: Propia de los Autores

## Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en Inversión (En Porcentaje)



Elaboración: Propia de los Autores

## Funciones Impulso Respuesta, *Shock* en la Curva de Phillips (En Porcentaje)



Elaboración: Propia de los Autores

### Definición de equilibrio competitivo.

El equilibrio del modelo planteado es tomado por un proceso estocástico, con variables dadas:

$$\left\{ C_{t,R}, C_{t,NR}, C_t^T, h_{t,R}, h_{t,NR}, h_t^T, m_t, B_t, Z_t, K_{t,R}, I_t, TAX_t, p_t, Y_t, K_t^h, K_t^T, IM_t, \right. \\ \left. \pi_t, cmg_t, rer_t, G_t, X_t, risk_t, R_t, \phi_t^m, \phi_t^R, \phi_t^I, A_t \right\}_t^\infty$$

Los procesos estocásticos del sistema planteado serán:

$$\left\{ \varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^I, \varepsilon_t^{I^h}, \varepsilon_{t,W}^\pi \right\}_t^\infty$$

Ecuaciones Log-linealizadas del sistema:

$$\widetilde{c}_{t,R} = E_t \widetilde{c}_{t+1,R} - \frac{1}{\vartheta} (\bar{R}_t - E_t \bar{\pi}_{t+1}) + \varepsilon_t^c$$

$$v \widetilde{h}_{t,R} + \vartheta \widetilde{c}_t = \widetilde{W}_t - \widetilde{p}_t$$

$$(1 - \beta) m_t = -\vartheta \widetilde{c}_{t,R} + \beta \vartheta E_t \widetilde{c}_{t+1,R}$$

$$\widetilde{C}_t^T = \omega \widetilde{C}_{t,R} + (1 - \omega) \widetilde{C}_{t,NR}$$

$$\widetilde{h}_t^T = \omega \widetilde{h}_{t,R} + (1 - \omega) \widetilde{h}_{t,NR}$$



$$\widetilde{m}_t = \varphi^\pi \widetilde{\pi}_t + \varphi^y \widetilde{y}_t + \varphi_m^i \widetilde{l}_t + \widetilde{\phi}_t^R$$

$$\widetilde{TA\overline{X}}_t = \rho^B \widetilde{\overline{B}_{t-1}} + \phi_t^{T,B}$$

$$\widetilde{G}_t = \rho^G \widetilde{\overline{G}_{t-1}} + (1 - \rho^G) \widetilde{y}_t + \varepsilon_t^G$$

$$\widetilde{TA\overline{X}}_t + \widetilde{B}_t + \widetilde{m}_t = \widetilde{G}_t + \widetilde{\overline{B}_{t-1}R_{t-1}} + \widetilde{m_{t-1}}$$

$$\widetilde{risk}_t = e(\widetilde{B}_t - \widetilde{y}_t)$$

$$\widetilde{X}_t = \eta r \widetilde{e} r_t$$

$$\widetilde{K_{t+1}^h} = (1 - \delta^h) \widetilde{K_t^h} + \delta^h \widetilde{l_t^h} + \delta^h \varepsilon_t'^h$$

$$\widetilde{K_{t+1,R}} = (1 - \delta) \widetilde{K_{t,R}} + \delta \widetilde{l_t} + \delta \widetilde{\phi_t^I}$$

$$\widetilde{q}_t = \Psi[\widetilde{l}_t - \widetilde{l_{t-1}}]$$

$$\widetilde{q}_t = \widetilde{\Lambda}_{t+1} + \beta(1 - \delta) \widetilde{\overline{q_{t+1}}} + \widetilde{\overline{Z_{t+1}}}[1 - \beta(1 - \delta)]$$

$$\widetilde{y}_t = \frac{C^T}{Y} \widetilde{\overline{C}_t^T} + \frac{I}{Y} \widetilde{l}_t + \frac{G}{Y} \widetilde{G}_t + \frac{X}{Y} \widetilde{X}_t - \frac{IM}{Y} \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{\pi}_t = \widetilde{p}_t - \widetilde{\overline{p_{t-1}}}$$

$$\widetilde{\pi_t^W} = \beta \widetilde{\pi_{t+1}^W} + \lambda_W^\pi \widetilde{cmg_t} + \varepsilon_{t,W}^\pi$$

$$\widetilde{\pi}_t = \beta \widetilde{\pi_{t+1}} + \lambda^\pi \widetilde{cmg_t} + \varepsilon_t^\pi$$

$$\widetilde{Z}_t - \widetilde{W}_t = \widetilde{K_t^h} + \widetilde{h_t^T} - \widetilde{K_t}$$

$$r\widetilde{e}r_t - \widetilde{W}_t = \widetilde{K_t^h} + \widetilde{h_t^T} - \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{y}_t = \widetilde{A}_t + \alpha_1 \widetilde{K_t^T} + \alpha_2 \left( \widetilde{K_t^h} + \widetilde{h_t^T} \right) + \alpha_2 \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{cmg_t} = \alpha_2 \widetilde{W}_t + \alpha_1 \widetilde{Z}_t + \alpha_2 r\widetilde{e}r_t - \widetilde{A}_t$$

$$\begin{aligned} \widetilde{p}_t + \widetilde{\overline{C_{t,R}}} + \widetilde{\overline{B_{t+1}}} + \widetilde{m}_t + \widetilde{TA\overline{X}}_t + \widetilde{l}_t \\ = \widetilde{Z}_t + \widetilde{K_{t,R}} + \widetilde{W}_t + \widetilde{h_{t,R}} + (1 + \widetilde{\overline{R_{t-1}}}) \widetilde{B}_t + \widetilde{m_{t-1}} \end{aligned}$$

$$\widetilde{\phi_t^m} = \rho_{shock}^m \widetilde{\phi_{t-1}^m} + \varepsilon_t^m$$

$$\widetilde{\phi_t^R} = \rho_{shock}^R \widetilde{\phi_{t-1}^R} + \varepsilon_t^R$$

$$\widetilde{\phi_t^I} = \rho^I \widetilde{\phi_{t-1}^I} + \varepsilon_t^I$$

$$\widetilde{A}_t = \rho^A \widetilde{A}_{t-1}^A + \varepsilon_t^A$$

$$\widetilde{\phi}_t^{T-B} = \rho^{T-B} \widetilde{\phi}_{t-1}^{T-B} + \varepsilon_t^{T-B}$$

Por tanto, a través de la ecuación “ $\pi_t^W = \beta \pi_{t+1}^W + \lambda_W^\pi \widetilde{cmg}_t + \varepsilon_{t,W}^\pi$ ”, se podrá capturar los incrementos de los salarios sobre el consumo.

## METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN

Se evaluó los parámetros del modelo con una metodología econométrica desde el punto de vista bayesiana para medir el efecto de los shocks planteados anteriormente en las variables observadas. El enfoque econométrico bayesiano aporta mucha más información a las decisiones bajo la incertidumbre, a diferencia de la econometría clásica “frecuentista”, este enfoque considera diferentes tipos información muchas veces subjetiva, que pueda tener sobre los parámetros a estimar antes de tomar en cuenta los datos. La estimación bayesiana puede ser vista como un puente entre la calibración y la estimación por máxima verosimilitud (MV).

El modelo estimado toma como referencia a Fernández-Villaverde y Rubio-Ramírez, 2004; Smets y Wouter, 2007. La estimación es basada en una función de verosimilitud generada por la solución de la versión log-linealizada del modelo. Se utilizan distribuciones prior de los parámetros de interés para proporcionar información adicional en la estimación. Todo el conjunto de ecuaciones linealizadas forma un sistema de ecuaciones lineales de expectativas racionales, el cual se puede escribir de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\vartheta) z_t = \Gamma_1(\vartheta) z_{t-1} + \Gamma_2(\vartheta) \varepsilon_t + \Gamma_3(\vartheta) \Theta_t$$

Donde  $z_t$  es un vector que contiene las variables del modelo expresadas como desviaciones logarítmicas de sus estados estacionarios,  $\varepsilon_t$  es un vector que contiene ruido blanco de los shocks exógenos del modelo y  $\Theta_t$  es un vector que contiene las expectativas racionales de los errores de predicción. Las matrices  $\Gamma_1$  son funciones no lineales de los parámetros estructurales contenidas en el vector  $\vartheta$ . El vector  $z_t$  contiene las variables endógenas del modelo y los shocks exógenos:  $\varepsilon_t^{T-B}, \varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^m, \varepsilon_t^l, \varepsilon_t^{l^h}, \varepsilon_{t,W}^\pi, \varepsilon_t^C$ . La solución a este sistema puede ser expresado de la siguiente forma:

$$z_t = \Omega_z(\vartheta) z_{t-1} + \Omega_\varepsilon(\vartheta) \varepsilon_t + \Gamma_3(\vartheta) \Theta_t$$

Donde  $\Omega_z$  y  $\Omega_\varepsilon$  son funciones de los parámetros estructurales. Además, sea  $y_t$  un vector de las variables observadas, que se relaciona con las variables en el modelo a través de una ecuación de medición:

$$y_t = H z_t$$

Donde,  $H$  es una matriz que selecciona elementos de  $z_t$ , e  $y_t$  que comprende las siguientes variables observadas (la muestra comprende desde 2006Q1 – 2016Q3), el número de variables observadas deben ser igual al número de variables de shocks en el modelo para evitar el problema de singularidad estocástica:

$$y_t = [Y_t, C_t, I_t, G_t, \pi_t, m_t, \pi_t^W]$$

Estas ecuaciones corresponden a la forma estado-espacio que representan a  $y_t$ . Si nosotros asumimos que el ruido blanco,  $\varepsilon_t$  esta normalmente distribuido, y utilizando el filtro de Kalman podemos calcular la función de verosimilitud condicional para los parámetros estructurales. Sea  $p(\vartheta)$  la función de densidad prior de los parámetros estructurales y  $L(\vartheta/Y^T)$ , donde  $Y^T = \{y_1, y_T\}$  contiene las variables observadas. La función de densidad posterior de los parámetros se calcula usando el teorema de Bayes:

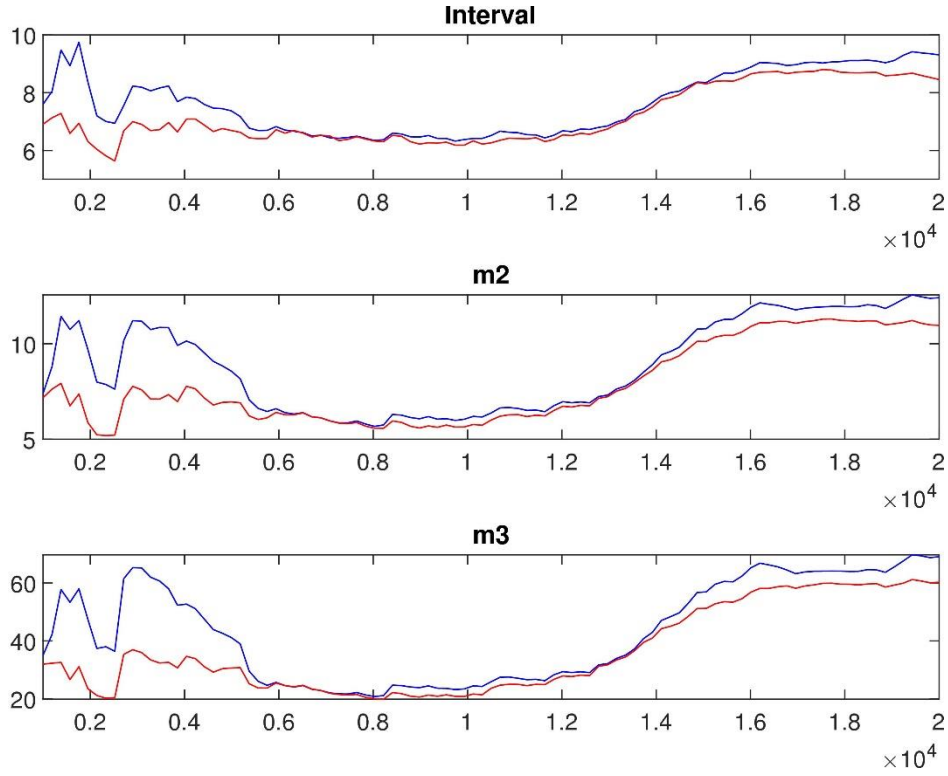
$$p(\vartheta/Y^T) = \frac{L(\vartheta/Y^T) p(\vartheta)}{\int L(\vartheta/Y^T) p(\vartheta) d\vartheta}$$

Dado que la función de verosimilitud condicional no tiene solución con una expresión analítica, se hizo el uso de métodos numéricos basados en el algoritmo de Metropolis-Hastings. Las estimaciones se obtuvieron con el programa Dynare.

#### Prios y Resultados

En las tablas siguientes se presentan los valores prior de los parámetros y shocks, que están en línea con la literatura internacional que incorpora creencias acerca de posibles rasgos de la densidad prior y comportamiento de las variables (Smets y Wouters, 2002 - 2007; Laxton y Pesenti, 2003).

## Convergencia de la cadena de Markov de Monte Carlo



Elaboración: Propia de los Autores

## Distribución Prior y Posterior DSGE

Parámetro	Distribución	Prior	D.E.	Post	10%	90%
		Mean		Mean		
$\vartheta$	norm	1.5	0.37	0.3177	0.3037	0.3303
$\beta$	beta	0.99	0.002	0.9810	0.9789	0.9831
$\alpha_2$	beta	0.200	0.02	0.2058	0.1908	0.2214
$\theta$	norm	0.400	0.1	0.2952	0.2721	0.3148
$\theta_W$	norm	0.400	0.1	0.2701	0.2490	0.2912
$\varphi^\pi$	beta	0.68	0.1	0.7360	0.6546	0.8121
$\varphi^y$	norm	0.85	0.1	0.4832	0.4526	0.5179
$\varphi_m^i$	norm	0.78	0.1	1.3092	1.1978	1.4034
$\rho^G$	beta	0.5	0.1	0.7889	0.7209	0.8407
$\rho^A$	beta	0.5	0.1	0.7334	0.6954	0.7717
$\rho_{shock}^R$	beta	0.5	0.1	0.2812	0.1732	0.3725
$\rho^I$	beta	0.5	0.1	0.8379	0.8154	0.8618
$\sigma_A$	inv g	0.01	inf	0.0443	0.0443	0.0500
$\sigma_G$	inv g	0.01	inf	0.0161	0.0140	0.0180
$\sigma_R$	inv g	0.01	inf	0.1013	0.0749	0.1246

$\sigma_I$	invg	0.01	inf	0.4515	0.3864	0.5101
$\sigma_\pi$	Inv g	0.01	inf	0.1825	0.1463	0.2195
$\sigma_{I,h}$	Inv g	0.01	inf	5.3584	4.3343	6.3013
$\sigma_\pi^W$	inv g	0.01	inf	0.1898	0.1652	0.2164

**Elaboración:** Propia de los Autores

### ***Variables del Modelo***

$C_t^T$	Consumo total
$C_{t,R}$	Consumo de los hogares Ricardianos
$C_{t,NR}$	Consumo de los hogares No ricardianos
$h_t^T$	Oferta laboral Total
$h_{t,R}$	Oferta laboral de los hogares Ricardianos
$h_{t,NR}$	Oferta laboral de los hogares No Ricardianos
$m_t$	Demanda por dinero
$B_t$	Deuda
$Z_t$	Precio del capital – Productividad marginal del Capital
$K_t^T$	Capital Total
$K_{t,R}$	Capital Total de los agentes Ricardianos
$K_t^h$	Capital Humano Total
$I_t$	Inversión
$TAX_t$	Impuestos
$p_t$	Nivel de precios (IPC)
$q_t$	La q de Tobin
$Y_t$	Producto Interno Bruto
$IM_t$	Importaciones
$X_t$	Exportaciones
$\pi_t$	Inflación
$cmg$	Costo Marginal
$rer_t$	Tipo de cambio Real
$G_t$	Gasto del Gobierno
$R_t$	Tasa de interés nominal
$A_t$	Productividad total de Factores
$risk_t$	Riesgo País
$\phi_t^R$	Shock en la regla de Poole
$\phi_t^I$	Shock en la ley de movimiento del capital

### ***Shocks del Modelo***

$\varepsilon_t^\pi$	Costo inflacionario (Cost push inflation )
$\varepsilon_t^R$	Shock en la regla de Poole
$\varepsilon_t^G$	Shock en la regla Fiscal (Gasto)
$\varepsilon_t^A$	Shock de productividad
$\varepsilon_t^I$	Shock en la ley de movimiento del capital físico
$\varepsilon_t^{I^h}$	Shock en la ley de movimiento del capital humano
$\varepsilon_{t,W}^\pi$	Shocks en la Curva de Phillips en salarios

Calibración		
Parámetro	Fuente	Valor
$\beta$	Valdivia D. (2008)	0.88
$\theta$	Costa Junior (2016)	0.7
$\eta$	Costa Junior (2016)	1.5
$\alpha$	Valdivia J. (2017)	0.33
$\delta$	Kliem y Kriwoluzky (2016)	0.025
$\frac{C_{ss}}{Y_{ss}}$	Ratio Consumo/PIB (2018). Cuentas Nacionales	0.7
$\frac{I_{ss}}{Y_{ss}}$	Ratio Formación Bruta de Capital Fijo/PIB (2018). Cuentas Nacionales	0.2